

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-166276

(43)Date of publication of application : 10.06.2004

(51)Int.Cl.

H04L 27/00

(21)Application number : 2003-379779

(71)Applicant : ROHDE & SCHWARZ GMBH & CO  
KG

(22)Date of filing : 10.11.2003

(72)Inventor : EIBL JOACHIM  
PLIQUETT JOCHEN  
ECKERT HAGEN

(30)Priority

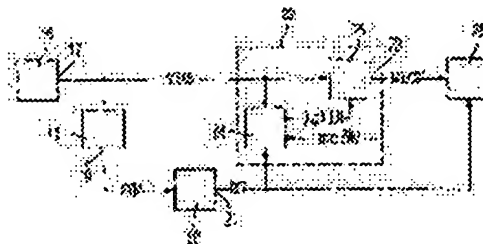
Priority number : 2002 10252099 Priority date : 08.11.2002 Priority country : DE

## (54) MEASURING APPARATUS AND METHOD FOR DETERMINING CHARACTERISTIC CURVE OF HIGH FREQUENCY UNIT

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a method and a measuring instrument in which a characteristic curve is determined without additionally connecting the input of a high frequency unit and the measuring instrument in order to provide information related to a high frequency signal.

**SOLUTION:** The high frequency signal transmitted from a high frequency transmitter is received by a receiver 16 to generate the sample of a real baseband signal (MEAS) of a complex value from the signal. The sample of the real baseband signal (MEAS) is demodulated to acquire a modulated symbol sequence (SYM), and an ideal baseband signal (REF) is simulated as a reference signal from the sequence. The real baseband signal (MEAS) is then corrected to generate a corrected real baseband signal (MEAS'), and deviation of a sample of the corrected real baseband signal (MEAS') is evaluated from the sample of the ideal baseband signal (REF).





## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

変調信号によって変調された高周波信号を出力する高周波ユニットの特性曲線を決定する方法であって、

前記高周波ユニットから出力された前記高周波信号を受信し、実際のベースバンド信号 (M E A S) の複素値のサンプルを生成する段階と、

前記サンプリングしたベースバンド信号を復調することにより、変調シンボルシーケンスを生成する段階と、

前記変調シンボルシーケンスから基準信号として理想のベースバンド信号 (R E F) をシミュレートする段階と、

前記実際のベースバンド信号 (M E A S) を補正することにより、補正済みの実際のベースバンド信号 (M E A S') を生成する段階と、

前記理想のベースバンド信号 (R E F) のサンプルからの前記補正済みの実際のベースバンド信号 (M E A S') のサンプルの偏差を評価する段階とを有する方法。

10

## 【請求項 2】

前記実際のベースバンド信号 (M E A S) を復調することによって決定された前記変調シンボルシーケンス (S Y M) から、フィルタ (2 0) により、前記理想のベースバンド信号 (R E F) をシミュレートすることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 3】

前記実際のベースバンド信号 (M E A S) を補正するために、前記理想のベースバンド信号 (R E F) のサンプルからの前記補正済みの実際のベースバンド信号 (M E A S') のサンプルの偏差が最小化されるパラメータの組 (r、p h i、f、t) を決定することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の方法。

20

## 【請求項 4】

前記理想のベースバンド信号 (R E F) のサンプルからの前記補正済みの実際のベースバンド信号 (M E A S') のサンプルの前記最小偏差を決定するために、平均二乗誤差を最小化することを特徴とする請求項 3 に記載の方法。

## 【請求項 5】

前記パラメータの組 (r、p h i、f、t) を決定するために、前記実際のベースバンド信号 (M E A S) と前記理想のベースバンド信号 (R E F) のサンプル中の特定の選択されたもののみを使用することを特徴とする請求項 3 又は 4 に記載の方法。

30

## 【請求項 6】

前記特定の選択されたサンプルとして、シンボル決定時点上に位置する前記実際のベースバンド信号 (M E A S) と前記理想のベースバンド信号 (R E F) のサンプルを使用することを特徴とする請求項 5 に記載の方法。

## 【請求項 7】

前記パラメータの組 (r、p h i、f、t) を決定するために、評価関数を用いて前記理想のベースバンド信号 (R E F) を重み付けすることを特徴とする請求項 3 乃至 6 のいずれかに記載の方法。

## 【請求項 8】

複数のグループ (2 8、「クラスタ」) を形成し、それぞれのグループ (2 8、「クラスタ」) 内に複数のサンプルを組み合わせたことを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の方法。

40

## 【請求項 9】

前記グループ (2 8、「クラスタ」) を形成するために、複数の間隔 (2 7) の前記サンプルを組み合わせており、前記間隔 (2 7) は、評価対象の振幅レンジ (p 1 ~ p 2) 又はレベルレンジを幅が同一の複数の部分に分割しており、それぞれのサンプルが特定の間隔 (2 7. 1 ~ 2 7. n) に割り当てられていることを特徴とする請求項 8 に記載の方法。

## 【請求項 10】

50

それぞれのグループ（２８、「クラスタ」）において、それぞれのグループ（２８、「クラスタ」）に略同数のサンプルが含まれるように、適切な数の間隔（２７）の前記サンプルを組み合わせることを特徴とする請求項９に記載の方法。

【請求項１１】

それぞれの間隔（２７）ごとに、前記理想のベースバンド信号（ＲＥＦ）から決定された理想レベル又は理想振幅を加算して第１間隔合計を形成し、それぞれのグループ（２８、「クラスタ」）ごとに、その１つのグループ（２８、「クラスタ」）を形成するために組み合わせられている前記間隔（２７）の前記第１間隔合計を合計することを特徴とする請求項９又は１０に記載の方法。

【請求項１２】

10

それぞれの間隔（２７）ごとに、その間隔（２７）内に組み合わせられている前記サンプルの前記補正済みの実際のベースバンド信号（ＭＥＡＳ'）のサンプルレベルを加算して第２間隔合計を形成し、及び／又は、それぞれの間隔ごとに、その間隔（２７）内に組み合わせられている前記サンプルの前記補正済みの実際のベースバンド信号（ＭＥＡＳ'）のサンプルの位相誤差を第３間隔合計として加算し（前記位相誤差は、前記理想のベースバンド信号（ＲＥＦ）のサンプルとの比較によって決定される）、それぞれのグループ（２８、「クラスタ」）ごとに、そのグループ（２８、「クラスタ」）を形成するために組み合わせられている前記間隔（２７）の前記第２及び／又は第３間隔合計を個々に合計することを特徴とする請求項９乃至１１のいずれかに記載の方法。

【請求項１３】

20

前記間隔の限度の決定を前記実際のベースバンド信号（ＭＥＡＳ）とは無関係に実行することを特徴とする請求項９乃至１２のいずれかに記載の方法。

【請求項１４】

それぞれのグループ（２８、「クラスタ」）ごとに、代表値ペアを決定することを特徴とする請求項９乃至１３のいずれかに記載の方法。

【請求項１５】

支持点として前記代表値ペア（２９．１～２９．５）によって特性曲線の軌跡を近似することを特徴とする請求項１４に記載の方法。

【請求項１６】

多角形曲線の軌跡により、前記支持点（２９．１～２９．５）に前記特性曲線の軌跡を近似することを特徴とする請求項１５に記載の方法。 30

【請求項１７】

多項式により、前記支持点（２９．１～２９．５）に前記特性曲線の軌跡を近似することを特徴とする請求項１５に記載の方法。

【請求項１８】

スプライン補間により、前記支持点（２９．１～２９．５）に前記特性曲線の軌跡を近似することを特徴とする請求項１５に記載の方法。

【請求項１９】

前記個々のグループ（２８、「クラスタ」）の前記理想のベースバンド信号（ＲＥＦ）のサンプルから、前記理想レベル又は前記理想振幅の第１平均値と、前記補正済みの実際のベースバンド信号（ＭＥＡＳ'）のサンプルレベルの第２平均値又は前記補正済みの実際のベースバンド信号（ＭＥＡＳ'）のサンプルの位相偏差の第２平均値とを有するそれぞれの代表値ペアを形成することを特徴とする請求項１４乃至１８のいずれかに記載の方法。 40

【請求項２０】

前記高周波ユニットの様々なレベル設定ごとに計測を個々に実行し、特性曲線を形成するために、前記様々な計測の前記代表値ペアを使用することを特徴とする請求項１４乃至１９のいずれかに記載の方法。

【請求項２１】

１回の計測から個々に複数の特性曲線を決定し、平均することにより、前記複数の特性 50

曲線から平均特性曲線を形成することを特徴とする請求項 1 乃至 19 のいずれかに記載の方法。

【請求項 22】

変調信号によって変調された高周波信号を出力する高周波ユニットの特性曲線を決定する計測装置であって、

前記高周波ユニットにより出力された前記高周波信号を受信し、実際のベースバンド信号 (MEAS) の複素値のサンプルを生成する受信ユニット (16) と、

前記サンプリングされた実際のベースバンド信号 (MEAS) の変調シンボルシーケンス (SYM) を生成する復調装置 (18) と、

前記変調シンボルシーケンス (SYM) から理想のベースバンド信号 (REF) をシミュレートするデジタルフィルタ (20) と、

前記理想のベースバンド信号のサンプルに依存して、前記実際のベースバンド信号 (MEAS) のサンプルを補正し、補正済みの実際のベースバンド信号 (MEAS') を出力する補正装置 (22) と、

前記理想のベースバンド信号 (REF) のサンプルからの前記補正済みの実際のベースバンド信号 (MEAS') のサンプルの偏差を評価する評価装置 (26) とを有する計測装置。

【請求項 23】

前記補正装置 (22、22') は、

前記理想のベースバンド信号 (REF) のサンプルからの前記補正済みの実際のベースバンド信号 (MEAS) のサンプルの偏差が最小になるパラメータの組 ( $r$ 、 $\phi$ 、 $f$ 、 $t$ ) を決定する最小化要素 (25) と、

前記決定されたパラメータの組 ( $r$ 、 $\phi$ 、 $f$ 、 $t$ ) により、補正済みの実際のベースバンド信号 (MEAS') を出力する補正要素 (24) とを有することを特徴とする請求項 22 に記載の計測装置。

【請求項 24】

前記サンプルを補正するための評価関数により、前記理想のベースバンド信号 (REF) を重み付けする評価装置 (30) が設けられていることを特徴とする請求項 22 又は請求項 23 に記載の計測装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、変調信号によって変調された高周波信号を出力する高周波ユニットの特性曲線を決定する方法及び計測装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

$n$  ゲートのパラメータ、特に、増幅器の特性曲線を決定する方法は、例えば、特許文献 1 に開示されている。即ち、増幅器の特性曲線を決定するために、増幅器の入力信号と出力信号を計測装置に供給する。必要となる位相がコヒーレントな復調及び同期復調器を省略するために、計測装置に対するこの入力及び出力信号の供給を未知の時間遅延によって実行し、不足する時間情報を相互相関によって決定するのである。しかしながら、この種の相互相関の実行には、入力信号に関する事前情報が必要となる。

【0003】

【特許文献 1】 独国特許出願公開第 100 22 853 号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

この入力信号に関する情報要件は、実際面において、増幅器に供給する信号を計測し、計測装置に供給しなければならないという欠点を有している。即ち、これは、計測を実行するために、計測装置と増幅器の入力間を接続しなければならないことを意味しているの

である。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の基本的な目的は、変調信号によって変調された高周波信号を出力する高周波ユニットの特性曲線を決定する方法及び計測装置を製造することであり、この方法及び計測装置によれば、高周波信号に関する情報を供給するために高周波ユニットの入力と計測装置間を追加接続することなしに、特性曲線を決定することができる。

【0006】

この目的は、請求項1記載の諸段階を有する方法と、請求項22記載の特徴を有する計測装置とによって達成される。

10

【0007】

本発明による高周波ユニット（特に、増幅器）の特性曲線の決定に必要とされるものは、高周波ユニットから送信される高周波信号のみである。高周波ユニットから送信される高周波信号を受信ユニットによって受信し、例えば、中間周波数をサンプリングした後にデジタルミキシング及びフィルタリングするか、或いは、アナログミキシングした後にサンプリングすることにより、高周波信号から複素値の実際のベースバンド信号を生成する。そして、このサンプルを復調することにより、実際のベースバンド信号に対応した変調シンボルシーケンスを決定し、このシーケンスから基準信号として理想のベースバンド信号をシミュレートする。このシミュレートした理想のベースバンド信号に関する情報により、実際のベースバンド信号から補正済みの実際のベースバンド信号を生成する（この生成においては、理想のベースバンド信号からの偏差を考慮して実際のベースバンド信号のサンプルが補正される）。このように実際のベースバンド信号のサンプルを補正することにより、実際のベースバンド信号から線形誤差が除去される。対照的に、増幅器の特性曲線の軌跡と関連性を有する非線形ひずみは維持される。この結果、補正済みの実際のベースバンド信号のサンプルと理想のベースバンド信号のサンプルから計測対象の高周波ユニットの特性曲線を決定することができる。

20

【0008】

本発明による方法又は本発明による計測装置における高周波ユニットの特性曲線の決定は、高周波ユニットから送信される信号から推定可能な情報から得られる変調法（PSK、QAM、シンボルレート、変調パラメータ、など）に関する情報によって実現されている。従って、入力における信号シーケンスの計測や使用する特定の信号シーケンスに関する情報は不要である。本発明においては、特性曲線の決定に基準信号として必要な理想のベースバンド信号のサンプルシーケンスに関する情報は、受信した高周波信号から理想のベースバンド信号をシミュレートすることによって取得されている（このベースバンド信号は、高周波ユニットにより送信された信号の基礎となったものである）。更なる評価のための基準信号として機能するこの理想のベースバンド信号の決定には、なんらの制約も課されていないため、本発明によれば、例えば、増幅器の通常の動作の際に、増幅器を計測することも可能である。

30

【0009】

従属請求項は、本発明による方法及び本発明による計測装置の有利な発展に関するものである。

40

【0010】

サンプルを複数のグループに組み合わせる点が特に有利である。それぞれのグループごとに代表値ペアを決定し、これをそのグループに含まれている複数のサンプルの代表として使用して、増幅器の特性曲線の軌跡を特性曲線の支持点としてこの代表値ペアに近似する。

【0011】

従って、形成されるそれぞれのグループ内に略同数のサンプルが含まれるように（即ち、形成される代表値ペアが略同数のサンプルに基づいて形成されるように）、サンプルを複数のグループに組み合わせることが特に有利である。この結果、個々の代表値の品質の

50

ばらつきがほとんどなくなり、結果的に、決定された特性曲線の信頼性が向上する。

【0012】

更に、個々のグループの代表値ペアの決定に必要とされる演算が間隔合計のみであることが特に有利である。この結果、 $n$ 個の値について $n * \log(n)$ だけ演算量を増大させる関連ソート処理が不要となる。間隔合計を算出するには、まず、観測対象の振幅又はレベルレンジを幅が同一の複数の部分に分割する複数の間隔を形成する。そして、対応する間隔内に位置しているサンプルの個々の値を合計し、間隔合計を算出する。グループを形成すれば、このように個々に生成した間隔合計を更なる演算に使用可能であり、この結果、必要な演算量が大幅に減少する。

【0013】

広いレベルレンジにおける特性曲線の精度を向上させるには、高周波ユニットの様々なスイングにおいて複数回の計測を更に実行し、それぞれの計測ごとにグループを形成し、それらのグループについて関連する代表値ペアを決定することが有利である。レベル又は電力レンジの全体にわたる特性曲線を決定するには、この様々なスイングにおいて、特性曲線を決定するために、いくつかの複数の代表値ペアを使用する。1回の計測における値の数を増やすだけでなく、複数回の計測の結果（バースト）（平均）を収集することにより、品質を向上させることができる。

【0014】

上記の通り、本発明の方法は、請求項1に記載の通り、変調信号によって変調された高周波信号を出力する高周波ユニットの特性曲線を決定する方法であって、前記高周波ユニットから出力された前記高周波信号を受信し、実際のベースバンド信号（MEAS）の複素値のサンプルを生成する段階と、前記サンプリングしたベースバンド信号を復調することにより、変調シンボルシーケンスを生成する段階と、前記変調シンボルシーケンスから基準信号として理想のベースバンド信号（REF）をシミュレートする段階と、前記実際のベースバンド信号（MEAS）を補正することにより、補正済みの実際のベースバンド信号（MEAS'）を生成する段階と、前記理想のベースバンド信号（REF）のサンプルからの前記補正済みの実際のベースバンド信号（MEAS'）のサンプルの偏差を評価する段階とを有する。

また、請求項2に記載の方法は、請求項1に記載の方法において、前記実際のベースバンド信号（MEAS）を復調することによって決定された前記変調シンボルシーケンス（SYM）から、フィルタ（20）により、前記理想のベースバンド信号（REF）をシミュレートすることを特徴とする。

また、請求項3に記載の方法は、請求項1又は2に記載の方法において、前記実際のベースバンド信号（MEAS）を補正するために、前記理想のベースバンド信号（REF）のサンプルからの前記補正済みの実際のベースバンド信号（MEAS'）のサンプルの偏差が最小化されるパラメータの組（ $r$ 、 $\phi$ 、 $f$ 、 $t$ ）を決定することを特徴とする。

また、請求項4に記載の方法は、請求項3に記載の方法において、前記理想のベースバンド信号（REF）のサンプルからの前記補正済みの実際のベースバンド信号（MEAS'）のサンプルの前記最小偏差を決定するために、平均二乗誤差を最小化することを特徴とする。

また、請求項5に記載の方法は、請求項3又は4に記載の方法において、前記パラメータの組（ $r$ 、 $\phi$ 、 $f$ 、 $t$ ）を決定するために、前記実際のベースバンド信号（MEAS）と前記理想のベースバンド信号（REF）のサンプル中の特定の選択されたもののみを使用することを特徴とする。

また、請求項6に記載の方法は、請求項5に記載の方法において、前記特定の選択されたサンプルとして、シンボル決定時点上に位置する前記実際のベースバンド信号（MEAS）と前記理想のベースバンド信号（REF）のサンプルを使用することを特徴とする。

また、請求項7に記載の方法は、請求項3乃至6のいずれかに記載の方法において、前記パラメータの組（ $r$ 、 $\phi$ 、 $f$ 、 $t$ ）を決定するために、評価関数を用いて前記理想のベースバンド信号（REF）を重み付けすることを特徴とする。

10

20

30

40

50

また、請求項 8 に記載の方法は、請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の方法において、複数のグループ（28、「クラスタ」）を形成し、それぞれのグループ（28、「クラスタ」）内に複数のサンプルを組み合わせたことを特徴とする。

また、請求項 9 に記載の方法は、請求項 8 に記載の方法において、前記グループ（28、「クラスタ」）を形成するために、複数の間隔（27）の前記サンプルを組み合わせており、前記間隔（27）は、評価対象の振幅レンジ（ $p_1 \sim p_2$ ）又はレベルレンジを幅が同一の複数の部分に分割しており、それぞれのサンプルが特定の間隔（27. 1～27. n）に割り当てられていることを特徴とする。

また、請求項 10 に記載の方法は、請求項 9 に記載の方法において、それぞれのグループ（28、「クラスタ」）において、それぞれのグループ（28、「クラスタ」）に略同数のサンプルが含まれるように、適切な数の間隔（27）の前記サンプルを組み合わせることを特徴とする。 10

また、請求項 11 に記載の方法は、請求項 9 又は 10 に記載の方法において、それぞれの間隔（27）ごとに、前記理想のベースバンド信号（REF）から決定された理想レベル又は理想振幅を加算して第 1 間隔合計を形成し、それぞれのグループ（28、「クラスタ」）ごとに、その 1 つのグループ（28、「クラスタ」）を形成するために組み合わせられている前記間隔（27）の前記第 1 間隔合計を合計することを特徴とする。

また、請求項 12 に記載の方法は、請求項 9 乃至 11 のいずれかに記載の方法において、それぞれの間隔（27）ごとに、その間隔（27）内に組み合わせられている前記サンプルの前記補正済みの実際のベースバンド信号（MEAS'）のサンプルレベルを加算して第 2 間隔合計を形成し、及び／又は、それぞれの間隔ごとに、その間隔（27）内に組み合わせられている前記サンプルの前記補正済みの実際のベースバンド信号（MEAS'）のサンプルの位相誤差を第 3 間隔合計として加算し（前記位相誤差は、前記理想のベースバンド信号（REF）のサンプルとの比較によって決定される）、それぞれのグループ（28、「クラスタ」）ごとに、そのグループ（28、「クラスタ」）を形成するために組み合わせられている前記間隔（27）の前記第 2 及び／又は第 3 間隔合計を個々に合計することを特徴とする。 20

また、請求項 13 に記載の方法は、請求項 9 乃至 12 のいずれかに記載の方法において、前記間隔の限度の決定を前記実際のベースバンド信号（MEAS）とは無関係に実行することを特徴とする。 30

また、請求項 14 に記載の方法は、請求項 9 乃至 13 のいずれかに記載の方法において、それぞれのグループ（28、「クラスタ」）ごとに、代表値ペアを決定することを特徴とする。

また、請求項 15 に記載の方法は、請求項 14 に記載の方法において、支持点として前記代表値ペア（29. 1～29. 5）によって特性曲線の軌跡を近似することを特徴とする。

また、請求項 16 に記載の方法は、請求項 15 に記載の方法において、多角形曲線の軌跡により、前記支持点（29. 1～29. 5）に前記特性曲線の軌跡を近似することを特徴とする。

また、請求項 17 に記載の方法は、請求項 15 に記載の方法において、多項式により、前記支持点（29. 1～29. 5）に前記特性曲線の軌跡を近似することを特徴とする。 40

また、請求項 18 に記載の方法は、請求項 15 に記載の方法において、スプライン補間により、前記支持点（29. 1～29. 5）に前記特性曲線の軌跡を近似することを特徴とする。

また、請求項 19 に記載の方法は、請求項 14 乃至 18 のいずれかに記載の方法において、前記個々のグループ（28、「クラスタ」）の前記理想のベースバンド信号（REF）のサンプルから、前記理想レベル又は前記理想振幅の第 1 平均値と、前記補正済みの実際のベースバンド信号（MEAS'）のサンプルレベルの第 2 平均値又は前記補正済みの実際のベースバンド信号（MEAS'）のサンプルの位相偏差の第 2 平均値とを有するそれぞれの代表値ペアを形成することを特徴とする。

また、請求項 20 に記載の方法は、請求項 14 乃至 19 のいずれかに記載の方法において 50



、前記高周波ユニットの様々なレベル設定ごとに計測を個々に実行し、特性曲線を形成するために、前記様々な計測の前記代表値ペアを使用することを特徴とする。

また、請求項 21 記載の方法は、請求項 1 乃至 19 のいずれかに記載の方法において、1 回の計測から個々に複数の特性曲線を決定し、平均することにより、前記複数の特性曲線から平均特性曲線を形成することを特徴とする。

また、本発明の計測装置は、請求項 22 に記載の通り、変調信号によって変調された高周波信号を出力する高周波ユニットの特性曲線を決定する計測装置であって、前記高周波ユニットにより出力された前記高周波信号を受信し、実際のベースバンド信号 (MEAS) の複素値のサンプルを生成する受信ユニット (16) と、前記サンプリングされた実際のベースバンド信号 (MEAS) の変調シンボルシーケンス (SYM) を生成する復調装置 (18) と、前記変調シンボルシーケンス (SYM) から理想のベースバンド信号 (REF) をシミュレートするデジタルフィルタ (20) と、前記理想のベースバンド信号のサンプルに依存して、前記実際のベースバンド信号 (MEAS) のサンプルを補正し、補正済みの実際のベースバンド信号 (MEAS') を出力する補正装置 (22) と、前記理想のベースバンド信号 (REF) のサンプルからの前記補正済みの実際のベースバンド信号 (MEAS') のサンプルの偏差を評価する評価装置 (26) とを有する。 10

また、請求項 23 記載の計測装置は、請求項 22 に記載の計測装置において、前記補正装置 (22、22') は、前記理想のベースバンド信号 (REF) のサンプルからの前記補正済みの実際のベースバンド信号 (MEAS) のサンプルの偏差が最小になるパラメータの組 (r、phi、f、t) を決定する最小化要素 (25) と、前記決定されたパラメータの組 (r、phi、f、t) により、補正済みの実際のベースバンド信号 (MEAS') を出力する補正要素 (24) とを有することを特徴とする。 20

また、請求項 24 記載の計測装置は、請求項 23 に記載の計測装置において、前記サンプルを補正するための評価関数により、前記理想のベースバンド信号 (REF) を重み付けする評価装置 (30) が設けられていることを特徴とする。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

本明細書においては、以下の図面を参照し、本発明による方法及び計測装置の好適な実施の形態について詳細に説明している。

図 1 (a) には、一例として、変調信号によって変調された高周波信号を送信する高周波送信機の増幅器の振幅特性曲線 1 が示されている。横軸 2 には、増幅器の入力電力が対数尺度でプロットされている。縦軸 3 には、同様に対数を尺度として、理想的な電力値からの偏差が増幅器の入力電力／出力電力比によって示されている。 30

【0016】

図 1 (b) には、説明を目的として、振幅特性曲線 1 に基づいた 64 QAM (Quadrature Amplitude Modulation) の例における信号点配置図の第 1 象限 4 の決定点の位置変化が示されている。図 1 (b) には、複素値ベースバンド (信号点配置図) 内の決定時点における理想のベースバンド信号の可能なサンプルが×印で示されている。実際のベースバンド信号のサンプルは、振幅特性曲線 1 の軌跡に対応し、図の座標軸 (実数部と虚数部) の原点 5 の方向の決定時点に向かって個々にシフトしている。このシフトの大きさは、決定時点における理想のベースバンド信号のサンプル 7 を実際のベースバンド信号のサンプル 8 に個々に接続する信号点配置図のそれぞれのサンプルの誤差ベクトル 6 の長さによって示されている。図 1 (b) には、一例として、原点 5 から最も遠く離れている値についてのみ、これが参照番号によって示されている。図 1 (a) の特性曲線の軌跡に対応し、電力の増加 (即ち、サンプルの原点 5 からの距離の増加) に伴って、これとは直接比例せずに、対応する理想的な値からの偏差が生成されている。図 1 (b) の対応する誤差ベクトルの長さから、これを推定可能である。純粋な振幅ひずみの場合には、すべての誤差ベクトルが原点 5 を通過する直線上に位置することになる。 40

【0017】

図 2 (a) には、送信機の増幅器の位相特性曲線 9 をアナログ的に表したものが示されており、この場合にも、横軸 2 は対数によって入力電力を示している。但し、この場合、同様に対数表示の縦軸 3' に示されているのは、理想的な値からの位相の偏差である。図 2 (b) には、これと関連する信号点配置図が示されている。決定時点における理想のベースバンド信号の可能なサンプルが×印で示され、それぞれ個々に 1 つの誤差ベクトルによって実際のベースバンド信号のサンプルと組み合わされており、この誤差ベクトルの長さは、偏差の大きさに対応している。これが、一例として、参照符号と共に、1 つの決定時点における理想的な値 10、この決定時点における対応する実際の値 11 及び誤差ベクトル 12 によって示されている。位相の偏差は、信号点配置図には、原点 5 を中心とした回転として示される。位相特性曲線 9 から生成された個々の誤差ベクトル 12 の角度は、信号点配置図のサンプルが原点 5 から離れるに伴って不均等に大きなものになっている。

10

#### 【0018】

通常、実際の増幅器は、位相と、出力又は振幅との非線形ひずみの両方を有している。この結果生成される信号点配置図が図 3 に示されているものである。前記の例と同様に、この図は、理解を容易にするべく第 1 象限に限定されたものである。この場合、決定時点における実際のベースバンド信号のサンプル 15 の位置は、理想のベースバンド信号のサンプルの位置（図 3 には、×印で示されている）と、図 1 (b) 及び図 2 (b) の誤差ベクトルの加算結果（これらが加算され、合計誤差ベクトル 14 を形成している）とから生成されている。この場合にも、図 3 には、一例として、信号点配置図の 1 つの点についてのみ、これが示されている。

20

#### 【0019】

本発明による計測装置の第 1 実施の形態が図 4 に示されている。この計測装置の場合には、変調信号によって変調され、高周波送信機から送信された高周波信号を受信ユニット 16 によって受信する。受信した高周波信号は、受信ユニット 16 によって処理され、ダウンワードミキシングの後に受信高周波信号からサンプリングされた複素値の実際のベースバンド信号 MEAS が受信ユニット 16 の出力 17 に出力される。そして、この実際のベースバンド信号 MEAS は復調装置 18 に供給される。復調装置 18 は、この実際のベースバンド信号 MEAS をデジタルサンプリングすることによってサンプルを生成し、実際のベースバンド信号 MEAS のサンプルを復調する。そして、この実際のベースバンド信号 MEAS のサンプルを復調することによって得られたシンボルが、変調シンボルシーケンス SYM として復調装置 18 の出力 19 に出力される。この復調においては、例えば、ミッドアンプルや pn (Pseudo Noise) シーケンスなどの判明している信号情報を考慮することができる。

30

#### 【0020】

この変調シンボルシーケンス SYM は、例えば、雑音などによる若干の干渉を除いて、送信装置において送信信号の生成に基づいた変調シンボルシーケンスと同一のものである。変調シンボルシーケンス SYM は受信高周波信号から生成されており、計測装置内には、オリジナルの理想信号に関するすべての情報が存在している。デジタルフィルタ 20 に、この変調シンボルシーケンス SYM が伝達される。デジタルフィルタ 20 は、機能的には理想変調器に相当するものであり、その出力 21 に理想のベースバンド信号 REF が出力される。この信号は、更なる評価において基準信号として使用されることになる。

40

#### 【0021】

これら理想のベースバンド信号 REF 及び実際のベースバンド信号 MEAS の両方が補正装置 22 に供給される。補正装置 22 は、実際のベースバンド信号 MEAS のサンプルと、これに対応する基準信号を形成する理想のベースバンド信号 REF のサンプルを互いに比較し、この比較の結果として、補正済みの実際のベースバンド信号 MEAS' を補正装置 22 の出力 23 に出力する。実際のベースバンド信号 MEAS と理想のベースバンド信号 REF 間のこの比較のために、実際のベースバンド信号 MEAS と理想のベースバンド信号 REF の個々に対応するサンプルから偏差が決定される。そして、これらの偏差の二乗合計を最小化するが、その際には、実際のベースバンド信号 MEAS における二乗偏

50

差の合計（即ち、誤差ベクトルの大きさ（EVM: Error Vector Magnitude）が最小となるパラメータの組（ $r$ 、 $\phi$ 、 $f$ 、 $t$ など））を決定している。

#### 【0022】

パラメータの組（ $r$ 、 $\phi$ 、 $f$ 、 $t$ ）を決定するこの第1段階は、最小化要素24によって実行される。このパラメータの組（ $r$ 、 $\phi$ 、 $f$ 、 $t$ ）には、例えば、送信機又は受信機のベース周波数の相違や信号処理による時間シフトに起因して発生する実際のベースバンド信号MEASの線形ひずみを最小化する補正值が含まれており、これには、例えば、入力パワー用の補正值 $r$ 、位相の補正值 $\phi$ 、周波数の補正值 $f$ 及び時間の補正值 $t$ が含まれる。更には、例えば、最終段の加熱（振幅の垂下）に起因する搬送波の破壊（IQオフセット）、送信機におけるI及びQチャネル間の増幅度の不均衡（IQインバランス）又はレベルの時間変動を考慮するために、更なる考えられるパラメータを同様に提供することも可能である。 10

#### 【0023】

決定が完了すれば、このパラメータの組は補正要素25に供給される。補正要素25は、このパラメータの組（ $r$ 、 $\phi$ 、 $f$ 、 $t$ ）を使用して実際のベースバンド信号MEASに対応する補正を実行し、補正済みの実際のベースバンド信号MEAS'をその出力23に出力する。補正装置22におけるこの補正により、理想のベースバンド信号REFのサンプルからの実際のベースバンド信号MEASのサンプルの偏差が最小化されるが、この補正は、出力される補正済みの実際のベースバンド信号MEAS'に、特性曲線の決定と表示に必要とされる非線形ひずみが保持されるよう、ひずみの線形成分のみを対象としたものになっている。 20

#### 【0024】

振幅又は位相特性曲線を決定し出力するために、補正済みの実際のベースバンド信号MEAS'と理想のベースバンド信号REFが評価装置26に供給される。この評価装置26は、決定された特性曲線を表示する表示装置を有している（詳細には示されていない）。次に、特性曲線の軌跡自体の決定について詳細に説明する。

#### 【0025】

最小化要素24における理想のベースバンド信号REFからの実際のベースバンド信号MEAS'のサンプルの偏差の最小化に基づいて生成されるのが、振幅（図5（a））又は位相（図5（b））に関して図5（a）、図5（b）に示されているものであり、これらは、信号点配置図の決定時点における補正済みの実際のベースバンド信号MEAS'のサンプルのシフトを示している。図1（b）及び図2（b）の説明において既に説明したように、原点5から遠く離れているサンプルの偏差は、原点5の近くに位置している値の偏差に比べ、不均等に大きなものになっている。前述のように、パラメータの組（ $r$ 、 $\phi$ 、 $f$ 、 $t$ ）を決定する際に、これらの偏差を最小化要素24によって同等に取り扱えば、信号点配置図において原点5から遠く離れた地点の誤差は減少するが、逆に、原点5の近くに位置する（従って、補正前の段階で、偏差が小さいか、或いは偏差が存在しない）値に関しては、誤差が増大することになる。尚、図5（a）及び図5（b）においては、これまでと同様に、決定時点における理想のベースバンド信号REFのサンプルが×印で示されており、それらの×印は、対応する補正済みの実際のベースバンド信号MEAS'のサンプルに誤差ベクトルによって接続されている。図5（a）に示す振幅ひずみの図の場合には、以前と同様に、誤差ベクトルは原点5を通過して延長する直線上に位置し、図5（b）の位相ひずみの図の場合には、誤差ベクトルは、原点5を中心とする円上に配置されていた2つの点を互いに個々に接続している。 30 40

#### 【0026】

図6に示すごとく、図3について説明したのと同様に、振幅及び位相ひずみの合計について、補正済みの理想のベースバンド信号MEAS'の信号点配置図が生成される。

#### 【0027】

次に、補正済みの実際のベースバンド信号MEAS'及び理想のベースバンド信号RE 50

Fのサンプルから振幅及び位相特性曲線の軌跡を近似する方法について説明する。このためには、特性曲線を決定するために、評価装置26において、まず、観測対象の電力又はレベルレンジを複数の間隔27に分割する。これらの間隔27は、観測対象のレベルレンジを等しい幅bを有する複数の部分に分割するものである。従って、隣接する間隔27は、例えば、図7のn個の間隔27、1~27、nに示されているように、互いに直接接している。これらの間隔27は、 $p_1$  から  $p_2$  に延在する対象のレベルレンジを均等に分割している。

#### 【0028】

次いで、これらの間隔27に、補正済みの実際のベースバンド信号MEAS'のサンプルを個々に割り当てる。特定の間隔27、1~27、nにサンプルを個々に割り当てるためには、補正済みの実際のベースバンド信号MEAS'に対応する理想のベースバンド信号REFのサンプルレベルを使用する。そして、更なる評価のために、評価装置26に対して第1フィールド（配列）を適用する。このフィールドのそれぞれの要素は、特定の間隔27、1~27、nを表している。そして、この第1フィールド（配列）において、特定の間隔27、1~27、n内に位置しているサンプルの数を決定する。この決定においては、間隔内に位置するそれぞれのサンプルによってフィールド（配列）要素の値を増分するようにする。このようにして形成された第1フィールド（配列）は、図7に示されているように、棒グラフとなり、バーの高さは、個々の間隔27、1~27、nに含まれるサンプルの数を表している。

#### 【0029】

個別の間隔27、1~27、nに含まれている理想のベースバンド信号REFのサンプルレベルを加算し、第2フィールド（配列）の要素に第1間隔合計として個々に保存する。そして、特定の間隔27、1~27、n内に位置する実際のベースバンド信号MEASの複素サンプルの大きさを合計し、それぞれの間隔ごとに合計を第3フィールド（配列）の要素に第2間隔合計として保存する。同様に、補正済みの実際のベースバンド信号MEAS'のサンプルと理想のベースバンド信号REFのサンプル間の位相誤差を合計し、第4フィールド（配列）の要素に個々に保存する。

#### 【0030】

そして、第1フィールド（配列）の各要素に保存されている間隔27、1~27、n内に位置するサンプルの数、第2フィールド（配列）の各要素に保存されている間隔27、1~27、nの理想のベースバンド信号REFのサンプルレベルの合計及び第3フィールド（アレイ）の各要素に保存されている各間隔の補正済みの実際のベースバンド信号MEAS'のサンプルレベルの合計（又は、第4フィールド（配列）の各要素に保存されている各間隔の位相誤差の合計）により、それぞれの間隔27、1~27、nの内容を再生する。

#### 【0031】

第3及び第4フィールド（配列）の要素にレベル又は位相誤差の合計を並行して保存する代わりに、決定対象の特性曲線に応じて、レベルの合計及び位相誤差の合計のいずれかのみを1つのフィールド（配列）に保存するようにしてもよい。

#### 【0032】

次いで、個別の間隔27をグループ28に組み合わせ、それぞれのグループ28から、後で特性曲線を決定するための支持点を形成する。このグループ28の組み合わせが、図8に示されている。このためには、事前にいくつかのグループを決定しておく、好ましくは、実行済みの計測とは無関係に実行しておくことが好ましい。計測から得られるサンプルの合計数は既知である。この数から、1つのグループ28に割り当て可能な計測値の数を決定する。次いで、結果的に合計がこの規定したサンプルの数に略到達する時点まで、隣接する間隔27に属する第1フィールド（配列）の個別要素の値を合計する。これを最も簡単に実現するには、1つのグループ（例：28、1）のサンプルの数に対する限度値Sを上回った時点で、第1フィールド（配列）の要素の値の加算を中断するようにすればよい。この結果、この例においては、間隔27、1~27、3を組み合わせ、第1グルー

10

20

30

40

50

プ 28. 1 が形成されている。

【0033】

次いで、次の間隔 27. 4（即ち、これに割り当てられている第 1 配列の要素）から、次のグループ（この例では、28. 2）の加算を開始する。この加算（これは、第 2、第 3 及び第 4 フィールド（配列）の対応する要素の値についても実行される）の実行により、サンプルの合計数が略均等に各グループ 28. 1 ~ 28. m に分散される。図 7 の棒グラフの図から、グループ 28. 1 ~ 28. m について、図 8 に示されている累積頻度が生成されるのである。

【0034】

フィールド（配列）の個別要素の値を加算することにより、それぞれのグループ（これは、クラスタとも呼ばれる）28 ごとに、個々に、値の数、理想のベースバンド信号 REF のサンプルレベルの合計、補正済みの実際のベースバンド信号 MEAS' のサンプルレベルの合計及び位相誤差の合計に関する情報が得られる。増幅器の特性曲線を決定する場合には、次いで、理想のベースバンド信号 REF のレベル、補正済みの実際のベースバンド信号 MEAS' のレベル及び位相誤差の平均値を各グループごとに個々に決定するために、各グループ 28. 1 ~ 28. m のこれら 2 つのレベルの合計及び位相誤差の合計を各グループ 28. 1 ~ 28. m の値の数で除算する。この観点では、最も単純な算術平均のケース以外にも、重み付けを実現するその他の手順も実行可能である。

【0035】

AM/AM 図で振幅特性曲線を表すために、それぞれのグループ 28. 1 ~ 28. m ごとに Y 軸の値を決定する。それぞれのグループ 28. 1 ~ 28. m ごとに、補正済みの実際のベースバンド信号 MEAS' のサンプルレベルの平均値と理想のベースバンド信号 REF のサンプルレベルの平均値から商を形成し、この商を対数に変換する。この対数化された商は、AM/AM 図におけるそれぞれのグループ 28. 1 ~ 28. m の Y 軸の値を生成するものである。

【0036】

AM/PM 図において位相特性曲線を表す場合には、Y 軸の値は、各グループ 28. 1 ~ 28. m の位相誤差の平均値となる。

【0037】

グループ 28. 1 ~ 28. m の理想のベースバンド信号 REF の個々のレベルの平均値と共に、図 9 に支持点 29. 1 ~ 29. m として示されている代表値ペアを生成する。

【0038】

図 9 に示されている支持点 29. 1 には、グループ 28. 1 に割り当てられている補正済みの実際のベースバンド信号 MEAS' のサンプル 40. 1 ~ 40. 4 に関する情報が含まれている。同様に、個々のグループ 28. 2 ~ 28. m のサンプルに関する情報が支持点 29. 2 ~ 29. m に組み合わせられている。尚、基準信号のレベルが横軸の値として使用されていることに留意されたい。この結果、決定されたこれらの支持点 29. 1 ~ 29. m を使用し、簡単に特性曲線の軌跡を近似することができる。

【0039】

特性曲線の軌跡を決定するには、計測値を近似するための周知の方法を使用する。最も簡単な例としては、支持点 29. 1 から 29. m に至る区画の各部分が線形近似された特性曲線を挙げることができる。スプライン補間や n 次の多項式による近似も同様に適用可能である。図 10 (a) 及び図 10 (b) には、一例として、振幅特性曲線 41 と位相特性曲線 42 がそれぞれ示されている。

【0040】

図 11 に示す本発明による計測装置の更なる実施の形態によれば、最小化要素 24 及び補正要素 25 に加え、評価装置 30 を備える補正装置 22' が設けられている。重複を避けるために、図 4 において説明した同一のコンポーネントに関する説明は省略する。理想のベースバンド信号 REF を評価装置 30 の入力に供給する。この評価装置 30 により、最小化要素 24 がパラメータの組 (r, phi, f, t) を算出する際に、サンプルの重

み付けを実現することができる。即ち、例えば、レベルが低いサンプルに比べ、レベルが高いサンプルの重みを引き下げることが可能になる。このような重み付けにより、取得したすべてのサンプルを均等に取り扱う場合と比較し、原点に近いサンプルの誤差が拡大することを軽減することができる。

#### 【0041】

最も単純な例では、評価装置30のこのような評価関数 $f(r, \phi, f, t)$ により、例えば、補正済みの実際のベースバンド信号 $MEAS'$ の特に原点5に近いサンプルの誤差を小さくするために、レベルが特定のしきい値を上回るサンプルのすべてを無視するよう構成される。非常に低いレベルの雑音による過剰な影響を抑圧するには、例えば、ある1つのレベル間隔内に位置している値のみを評価対象とすることも可能である。使用する評価関数 $f(r, \phi, f, t)$ としては、ひずみモデルに適合されたものが好ましい。また、例えば、複素値「0」に近いシンボルの遷移において発生するものなどの干渉を結果的に抑圧するために、例えば、シンボル決定点などのデータセットの中から、評価関数によって決定された時点又は間隔を選択することも非常に有利なものとできる。

#### 【0042】

図12には、非線形ひずみ要素31が更に設けられた更なる実施の形態が示されている。この非線形ひずみ要素31は、デジタルフィルタ20と補正装置22'間の理想のベースバンド信号 $REF$ の信号経路内に配置されている。非線形ひずみ要素31には、入力43に供給される理想のベースバンド信号 $REF$ に加え、決定済みの特性曲線の軌跡に関する情報が第2入力32から入力される。この結果、第1評価の結果により、補正装置22'に供給される理想のベースバンド信号 $REF$ に事前にひずみを加えることが可能であり、次いで、この信号が補正装置22'に供給されることにより、実際のベースバンド信号 $MEAS$ と、この事前にひずみが加えられた理想のベースバンド信号 $REF'$ に基づいた偏差の最小化が実現する。このプロセスは、複数段階にわたって反復可能である。尚、最初の評価の際に、ひずみ要素31から最小化要素24に伝達される信号は、ひずみが加えられていない理想のベースバンド信号 $REF$ である。

#### 【0043】

この反復プロセスにおいては、ひずみモデルを改善するために、例えば、実際のベースバンド信号 $MEAS$ と理想のベースバンド信号 $REF$ を保存することが可能である。ひずみモデルに関する情報の精度が向上するに伴い、評価装置30の評価関数を更に適合させることができる。未知の実際のベースバンド信号 $MEAS$ を復調することによって生成される（従って、例えば、送信増幅器の動作の際の計測における）理想のベースバンド信号 $REF$ に事前にひずみを加えるために、この特性曲線に関する改善された情報を使用することも可能である。

#### 【0044】

図13(a)には、複数回の連続的な計測33.1~33.nが示されている。それぞれの個別の計測33.1~33.nにおいて、計測対象の増幅器を異なるレベルレンジ $P_1 \sim P_N$ でスイングしている。それぞれのレベルレンジ $P_1 \sim P_N$ ごとに、前述のように、グループを形成し、個別のグループに対して個々に代表値ペアを割り当てることにより、評価を実行する。この結果、それぞれの個別の計測33.1~33.nごとに、特性曲線34の特定部分34.1~34.nが生成され、これらを図13(b)に示されているように組み合わせることができる。

#### 【0045】

図14には、複数回の連続計測により、特性曲線の軌跡に関連する追加情報を得る更なる可能性が示されている。図14の上半分には、3つの連続計測35.1、35.2及び35.3が示されており、それぞれの計測35.1、35.2及び35.3ごとに、異なる周波数 $f_1$ 、 $f_2$ 又は $f_3$ が設定されている（これらの周波数は、個々の計測値を通じて一定に保持されている）。評価の結果、3つのそれぞれの計測ごとに3つの代表値ペア（36.1、37.1、38.1や36.2、37.2など）が生成される。個々の3つの代表値ペアの最初のもの（36.1、36.2及び36.3）は、理想のベースバンド

10

20

30

40

50

信号の第1レベル値  $p_1$  について形成されている。但し、これらの3つの計測は、異なる周波数  $f_1$ 、 $f_2$  又は  $f_3$  について実行されていることから、これら3つの代表値ペア 36. 1、36. 2 及び 36. 3 は、周波数  $f$  を横軸とする図にプロットすることも可能である。従って、特性曲線として、レベルの偏差を周波数の関数として表すことができる。

【0046】

このような表現は、残りの代表値ペア 37.  $i$  及び 38.  $i$  についても可能であり、この結果、図示の実施の形態においては、異なる3つの一定レベル  $p_1$ 、 $p_2$  又は  $p_3$  について、39. 1、39. 2 又は 39. 3 という参照符号を有する図が生成されことになる。尚、 $x$  軸にレベルと周波数を個々に示す別の図に表示するのではなく、三次元の図に表示することも可能である。

10

【0047】

図15には、複数のグループから決定された位相特性曲線の軌跡の例43が示されている。この特性曲線は、支持点の部分的な直線近似によって生成されたものであり、横軸は対数でプロットされている。

【0048】

位相特性曲線43に加え、この位相特性曲線の決定の基礎となったサンプルも示されている。1本の垂直線上に複数のサンプルが個々に配置されたこのサンプルの配列は、理想のベースバンド信号 REF によって決定された電力値に対してサンプルを割り当てることによって生成されたものである。一例として、参照符号44及び45により、理想のベースバンド信号 REF の2つの電力値に属するサンプルが示されている。

20

【図面の簡単な説明】

【0049】

【図1】振幅特性曲線の模範的な軌跡 (a) と信号点配置図によってひずみ (b) を示している。

【図2】位相特性曲線の模範的な軌跡 (a) と信号点配置図によってひずみ (b) を示している。

【図3】振幅及び位相ひずみの合計を信号点配置図によって示している。

【図4】本発明による計測装置の第1実施の形態のブロックダイアグラムである。

【図5】(a)、(b) 振幅ひずみ又は位相ひずみについて補正済みの実際のベースバンド信号のサンプルを信号点配置図によって模範的に示している。

30

【図6】補正済みの実際のベースバンド信号の振幅及び位相ひずみの合計を信号点配置図によって示している。

【図7】計測対象のレベルレンジの複数の間隔を概略的に示している。

【図8】グループに組み合わせた図7の間隔を概略的に示している。

【図9】グループの代表値の決定を概略的に示している。

【図10】(a)、(b) 代表値ペアから決定された振幅又は位相特性曲線の模範的な軌跡である。

【図11】本発明による計測装置の第2実施の形態のブロックダイアグラムである。

【図12】本発明による計測装置の第3実施の形態のブロックダイアグラムである。

【図13】(a)、(b) 特性曲線を決定するための複数回の計測の実行を概略的に示している。

40

【図14】非線形ひずみの電力及び周波数依存性を決定するための複数回の計測の実行である。

【図15】本発明による計測装置の振幅特性曲線の出力例である。

【符号の説明】

【0050】

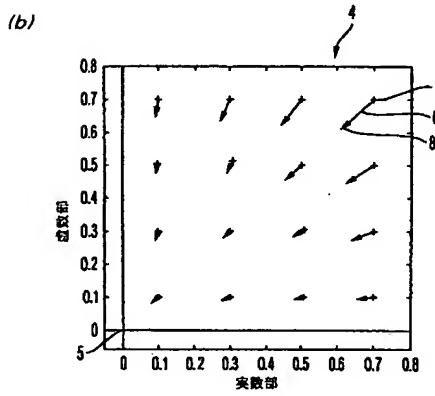
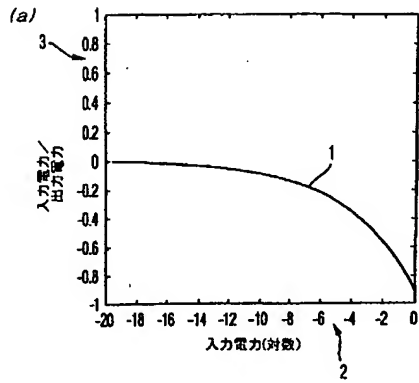
- 1 振幅特性曲線
- 2 横軸
- 3、3' 縦軸
- 4 第I象限

50

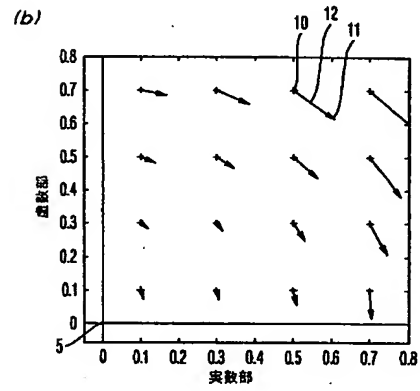
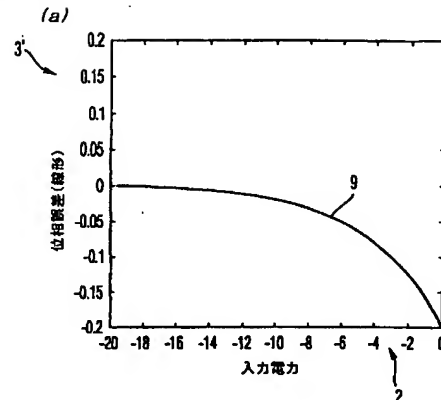
5	原点	
6	誤差ベクトル	
7	理想のベースバンド信号	
8	実際のベースバンド信号	
9	位相特性曲線	
10	決定時点における理想的な値	
11	決定時点における対応する実際の値	
12	誤差ベクトル	
14	合計誤差ベクトル	
15	決定時点における実際のベースバンド信号のサンプル	10
16	受信ユニット	
17	受信ユニットの出力	
18	復調装置	
19	復調装置の出力	
20	デジタルフィルタ	
21	デジタルフィルタの出力	
22	補正装置	
23	補正装置の出力	
24	最小化要素	
25	補正要素	20
26	評価装置	
27	間隔	
28	グループ	
29	支持点	
30	評価装置	
31	非線形ひずみ要素	
32	第2入力	
43	位相特性曲線	



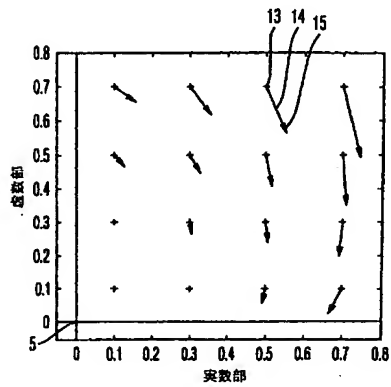
【図 1】



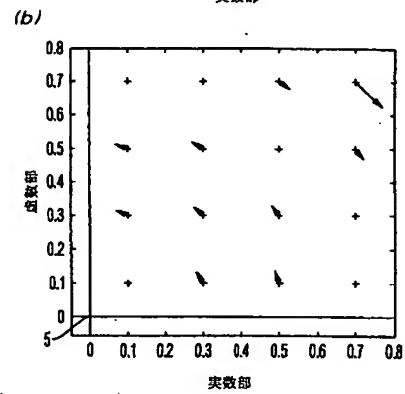
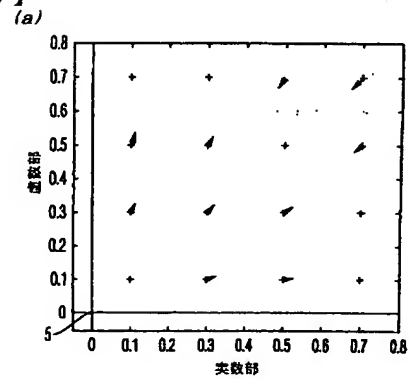
【図 2】



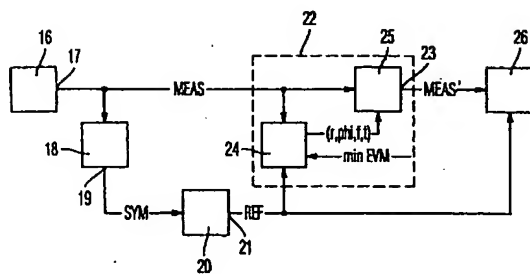
【図 3】



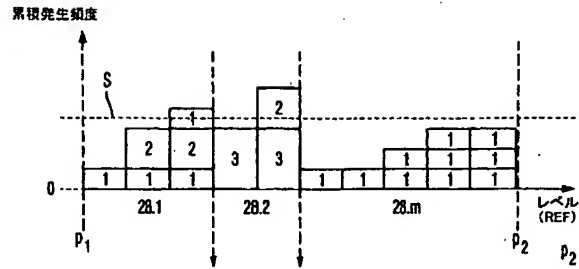
【図 5】



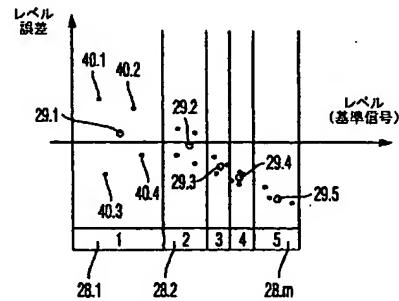
【図 4】



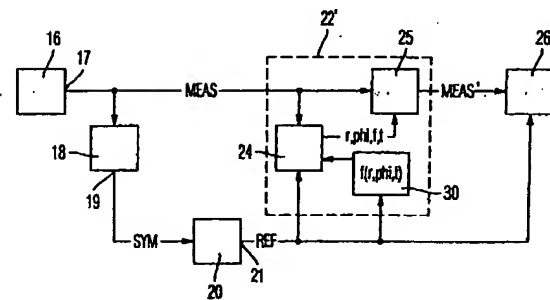
【图 8】



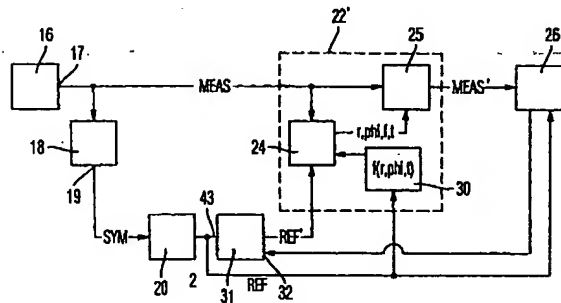
【图 7】



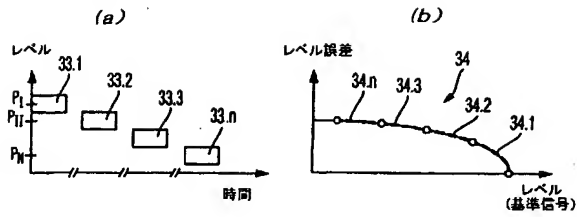
【 1 1 】



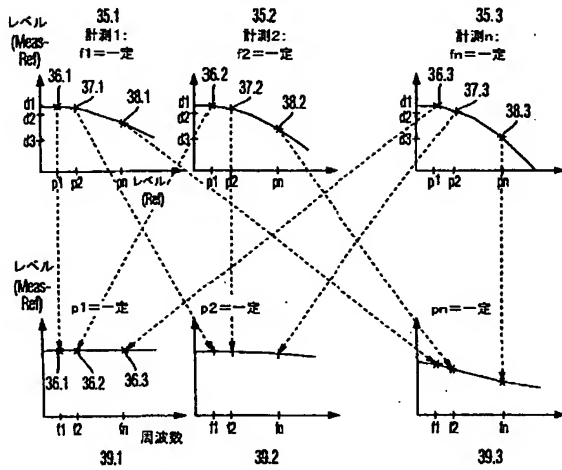
(b)



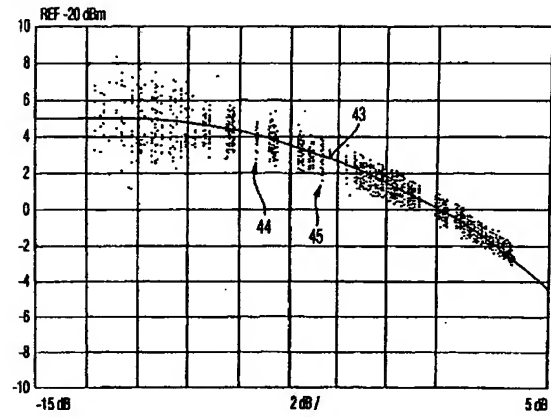
【図 13】



【図 14】



【図 15】



---

フロントページの続き

(72)発明者 ヨーアハイム アイブル

ドイツ国, D-81739 ミュンヘン, テレーゼーギーセーアレー 27

(72)発明者 ヨーヘン プリクヴェット

ドイツ国, D-76571 ガーゲナウ, グラントシュトラッセ 9

(72)発明者 ハーゲン エッケルト

ドイツ国, D-86415 メリング, ヴェンデルシュタインシュトラッセ 8

Fターム(参考) 5K004 AA08 JA02 JD04 JF00